

協調 Web 検索における情報共有タイミング制御のための ブレイクポイントの調査

是常 雄大¹ 高田 秀志²

概要：複数人がスマートフォンなどの電子端末を持ち寄り、ある共通の目的を達成するために協調して検索を行う「協調 Web 検索」という作業がある。協調 Web 検索では、作業者間で検索した Web ページの共有が頻繁に行われるため、共有が行われた際の通知回数が増加する。また、通知回数が増加することで、作業者に対する認知的負荷が増加することや生産性に悪影響をもたらすことが明らかにされている。そこで、本研究では、協調 Web 検索中に発生する作業の区切れ目（ブレイクポイント）に着目し、情報共有のタイミングを制御することで、作業者に与える認知的負荷を低下させる。本稿では、協調 Web 検索におけるブレイクポイントを調査した結果を報告する。

Investigation of Breakpoints for Controlling the Timing of Collaborative Web Search

KORETSUNE TAKEHIRO¹ HIDEYUKI TAKADA²

Abstract: "Collaborative Web Search" is one of the ways to use the Web with a smart phone. In a collaborative web search task, people bring their smart phones to one place and search together to achieve a common purpose. The number of notification by sharing the information increases because of frequent sharing of the web pages searched by group. It has been clarified that the increase of number of notification increases the cognitive load and gives a bad influence to productivity. In this research, we focus on timings of breakpoints occurring in a collaborative web search task, and controlling the timing of information sharing to reduce the user's cognitive load. In this paper, we report the result of investigation of breakpoints in a collaborative web search task.

1. はじめに

日本におけるスマートフォンの普及率は 72.0 %、携帯電話に至っては 95.8 % であり [1]、一人一台の携帯電話を持つようになっている。それに加え、世代別インターネットの利用動向では、50 代以下の世代でスマートフォンでのインターネットの利用の伸びが顕著であり、40 代では初めてパソコンの利用を上回った。また、インターネットを利用する目的として、Web 上の情報を検索、収集することが挙げられている。このため、スマートフォンは Web を利用

する主なデバイスに移り変わってきている。

スマートフォンで Web を利用する方法の一つに、複数人で、ある共通の目的を達成するために、Web 上の情報を検索し、共有を行う「協調 Web 検索」という作業がある [2]。本研究では、同一の場所でスマートフォンを持ち寄り、各作業者が協調して Web 検索を行う作業を対象とする。このような、Co-Location 型の協調 Web 検索での情報共有手段として、Apple 社が提供している AirDrop^{*1} が挙げられる。このような情報共有ツールを利用した場合、情報が共有された際の通知方法は、ポップアップなどで即時に通知されるのが一般的な方法である。

協調 Web 検索作業では、短時間に多くの情報を共有するため、作業者は通知による割り込みを多く受けることが考えられる。また、先行研究 [3] より、適切でないタイミ

¹ 立命館大学大学院情報理工学研究科
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University, Shiga 525-8577, Japan

² 立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Rit-
sumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan

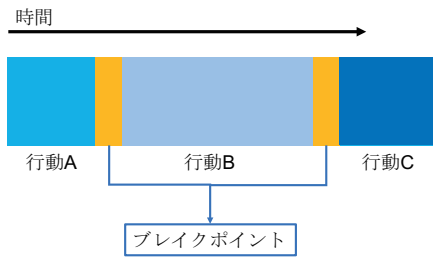


図 1 breakpoint の概念

ングで通知による割り込みを受けた作業者は、認知的負荷が増加することや生産性に悪影響をもたらすことが明らかにされている。本研究では、協調 Web 検索中に発生する作業の区切れ目 (ブレイクポイント) に着目し、情報共有による通知のタイミングを制御することで、作業者に与える認知的負荷を低下させることを考える。

通知のタイミングを制御するためには、協調 Web 検索を行っている過程で、ブレイクポイントがどのように発生しているのかを調査する必要がある。本稿では、ユーザが協調 Web 検索を行っている際に得られる、端末からのセンサデータや作業画面の録画映像、ユーザの主観的ブレイクポイントから、協調 Web 検索においてブレイクポイントがどのように発生しているのかの調査結果を示す。

2. 協調 Web 検索におけるブレイクポイント

本節では、協調 Web 検索におけるブレイクポイントとはどのようなものかについて述べる。また、ブレイクポイントが発生したタイミングに基づいて通知のスケジューリングを行っている文献を紹介し、本研究との差異を述べる。

2.1 ブレイクポイント

ブレイクポイントとは、心理学分野における概念の一つである [4]。人間の連続行動は複数の行動単位の時系列な集合である。図 1 に示すように、行動単位と行動単位の間区切れ目が存在しており、この区切れ目のことをブレイクポイントと呼ぶ。協調 Web 検索の場合、具体的には、「検索作業」という行動から「議論」という行動へ移り変わる時、「検索作業」と「議論」という行動の間にはブレイクポイントが発生していると考えられる。

2.2 協調 Web 検索における通知モデル

協調 Web 検索を行っている作業には、情報共有の通知を受け取ってもよい状態 (許可状態) と、通知を受け取りたくない状態 (拒否状態) があると考えられる。また、作業者の状態変化の間にはブレイクポイントが存在すると考えられる。そこで、図 2 のような協調 Web 検索における通知モデルを提案する。このモデルでは、作業者の状態変化をブレイクポイントによって検知し、許可状態であ

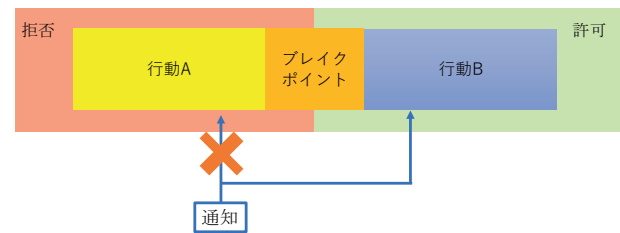


図 2 協調 Web 検索における通知モデル

ば情報共有の通知を行う。また、作業者が拒否状態であれば、作業者の状態が許可状態に遷移するまで、通知を行わない。このようなシステムを実現することで、情報共有が適切なタイミングで行われることになり、作業者の認知的負荷が低減できると考えられる。

2.3 関連文献

ブレイクポイントを検知し、通知を行うミドルウェア「Attelia」を構築している研究 [5] がある。この研究では、使用しているあらゆるモバイルデバイスやウェアラブルデバイスからブレイクポイントを検知するミドルウェアの開発を行っている。このミドルウェアは、多様なアプリケーション・サービス側の改変なしにブレイクポイントの実時間検知を行っている。検知したタイミングで情報の通知を行うことで、ユーザの認知負荷を軽減している。

この研究では、日常生活の長い時間において発生する様々な作業の間でのブレイクポイントを検出することを目的としている。一方で、我々の研究では、協調 Web 検索のような短い時間でのブレイクポイントを検知することを考える。

割り込み処理を行うタイミングの違いでユーザに与える影響の測定を行っている研究 [3] では、割り込み処理をブレイクポイントの発生タイミングに通知する場合と、定期的に割り込み処理を発生させる場合で、ユーザに与える影響の変化を測定している。また、ブレイクポイントの発生タイミングを検知する方法として、イベント認識技術を用いたタスクモデルを開発している。このタスクモデルを利用した結果、ブレイクポイントの発生タイミングによる作業の中断では、ユーザの感情状態と社会的帰属について良い結果が得られている。

この研究では、デスクトップ PC を用いた作業を対象としているが、本研究では、携帯端末での作業を対象としたシステムを構築する。

3. 調査実験

協調 Web 検索におけるブレイクポイントの発生タイミングの調査を行うために、実験を行う。

3.1 調査方法

本節では、協調 Web 検索におけるブレイクポイントの

*1 AirDrop <https://support.apple.com/ja-jp/HT204144>

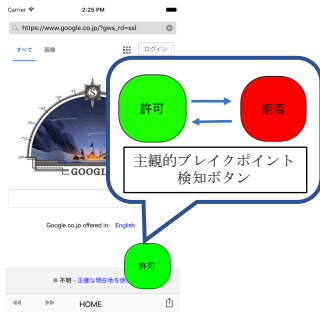


図 3 調査システム画面



図 4 個別送信機能

発生タイミングを調査する方法について述べる。ブレイクポイントの発生タイミングを調査するために、以下のデータを取得する。

- 通知の可否
主観的ブレイクポイント検知ボタンにより、協調 Web 検索時において、他者からの情報の受け取り許可、または拒否といった状態を取得する。取得するデータは、通知許可・拒否の状態とボタンがタップされた回数である。
- 物理センサ値
作業者の腕の動きを取得するために、被験者が利き腕に着用したスマートウォッチにより、加速度と角速度の値を取得する。
- 作業画面の録画映像
作業者が操作しているスマートフォンの画面を録画した映像より、作業者の行動単位を観察する。

これらのデータを取得するために、スマートフォンとして iPhone を利用し、スマートウォッチとして Apple Watch を利用して、協調 Web 検索におけるブレイクポイントを調査するためのシステムを構築した。各被験者は iPhone と Apple Watch をそれぞれ所持していることとする。図 3 に各ユーザが実際に使用した Web 検索画面を示す。画面右下には、被験者が主観的に情報の受け入れ状態の表明を行う「主観的ブレイクポイント検知ボタン」が備えられている。主観的ブレイクポイント検知ボタンをタップすることで、被験者は現在の受け入れ状態を表明することが可能である。

本システムには、共有したい Web ページを個別に送信することが可能な「個別送信機能」が備えられている。図 4 に示すように、画面下部にあるボタンをタップすることで、他者の名前が表示されたボタンが現れ、送信先をタッ

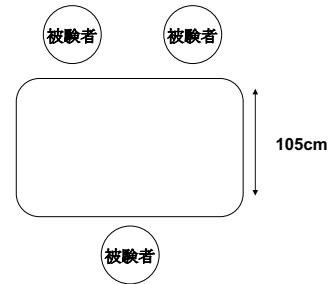


図 5 被験者の座席位置

表 1 実験手順

時間	内容
5 分	実験説明
3 分	ブレイクポイント説明
2 分	主観的ブレイクポイント検知ボタン機能の説明
5 分	調査システム説明
20 分	調査システムを利用する協調 Web 検索

プすることで対象の端末に Web ページを送信することが可能である。

本システムでは、iOS 上のソフトウェアにおいて P2P 通信を実現するために提供されている Multipeer Connectivity^{*2} フレームワークを利用する。個別送信を実現するために、iPhone 間では、接続されている端末の中から送信先を指定し、URL を送信する。主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた場合、その時刻と状態をログとして出力する。また、Apple Watch 側では、Core Motion^{*3} フレームワークを利用し、加速度センサとジャイロセンサの値をログとして出力する。

3.2 実験内容

本実験の被験者は、情報系学生 6 名であり、3 人一組の 2 グループを構成した。被験者の配置を図 5 に示す。各被験者は、スマートウォッチを利き腕に着用し、スマートフォンを使用して協調 Web 検索作業を行う。実施した作業の内容は、被験者 3 人で東京に旅行へ訪れるための計画の立案である。各グループは、実行可能な旅行計画を立案し、観光地名や食事処、移動経路などを計画書にまとめて提出する。

実験の手順を表 1 に示す。本実験では、実験説明に加え、ブレイクポイントの説明と主観的ブレイクポイント検知ボタン機能の説明を行う。実験中は、各作業者が使用した 3 台のスマートフォンの画面をそれぞれ動画として記録する。

*2 Multipeer Connectivity <https://developer.apple.com/library/ios/navigation/>

*3 Core Motion <https://developer.apple.com/reference/coremotion>

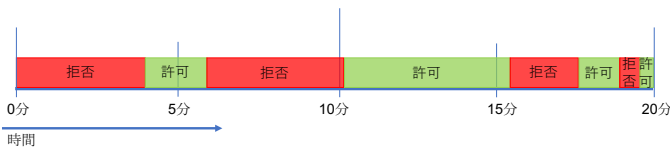


図 6 被験者の状態遷移

許可	遷移方向	拒否
Webページ閲覧	→	次の検索クエリ入力
情報探索	←	検索結果閲覧
議論	←	情報探索
共有ページ閲覧	→	個人の検索作業
目的地までの金額・経路探索終了	←	目的地までの金額・経路探索開始

図 7 主観的ブレイクポイント結果

表 2 ボタンタップ回数

	タップ回数
被験者 A	4
被験者 B	7
被験者 C	6
被験者 D	5
被験者 E	6
平均	5.6
標準偏差	1.02

3.3 結果

本節では、「主観的ブレイクポイント」「加速度センサデータ」「ジャイロセンサデータ」を取得した結果を述べる。今回、機材不良のため 1 名のログデータを取得することができなかったため、残り 5 名の結果を記す。

主観的ブレイクポイント

被験者の状態遷移を図 6 に示す。図に示すように、作業開始時は情報の受け入れを拒否している時間が長くなる傾向にあった。一方で、作業の中ほどにかかると許可時間が長くなる傾向にあった。作業終了前では、許可と拒否が頻繁に入れ替わっていることがわかる。

主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた前後の作業画面の録画映像を観察した結果を図 7 に示す。ボタンがタップされた際の前後において、画面状態がそれぞれ異なっている。

主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた回数を表 2 に示す。各被験者がボタンをタップした平均回数は 5.6 回であり、標準偏差は 1.02 であった。

加速度センサ

加速度センサデータからの取得データを図 8 に示す。この結果より、作業開始時から加速度センサの 3 軸が大幅に振れていることが読み取れる。その後、振幅は穏やかに

なるが、作業中盤から再びすべての軸で加速度センサの値が大きく振れていることが読み取れる。

ジャイロセンサ

ジャイロセンサデータの取得データを図 9 に示す。この結果より、加速度センサと同様に作業開始時からジャイロセンサの 3 軸が大きく振れていることを読み取ることができる。その後、作業中盤にかけて振幅は穏やかになっているが、ジャイロセンサの X 軸の振幅が他の 2 軸より顕著である。

4. 考察

4.1 主観的ブレイクポイント

本節では、スマートフォンの作業画面の録画映像と主観的ブレイクポイント検知ボタンが押されたタイミングの前後の行動を比較して考察する。

状態遷移

図 6 に示されているように、作業開始から 10 分頃にかけて情報の受け入れを拒否している時間が長い。作業画面の録画映像で確認してみると、被験者は「観光先の検索」や、「食事処の検索」といった行動をしていることが観察された。上記のことから、自身の検索作業を邪魔されたくないため、拒否の時間が長くなったと考えられる。

一方で、10 分頃から 15 分頃にかけては情報の受け入れを許可している時間が長い。録画映像からは、Web ページの共有が行われ、共有された情報を閲覧していることが確認された。このことから、他者が収集した情報を欲していたため、許可の時間が長くなったと考えられる。

15 分頃から 20 分までは、情報の受け入れ状態が頻繁に変化している。録画映像から、候補地の場所を地図上で確認したり、共有されたページを確認した後に新たに検索したりする行動が見られた。上記のことから、グループでの合意形成を行うために情報を共有して議論を行い、足りない情報があれば再び検索作業に移行しているため、このような状態の遷移が現れていると考えられる。

主観的ブレイクポイントの検知

主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた前後の挙動について、録画映像を観察した結果、各被験者は画面状態が切り換わる間でボタンをタップしていることがわかる。そのため、主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされたタイミングでは、ブレイクポイントが発生している。しかし、実験終了後に被験者から、「検知ボタンの押し忘れがあった」との意見があったため、すべてのブレイクポイントを検知できているわけではない。人間の視線は「Z」や「F」の字を描くように左上から順に向けられることが知られている。今回、主観的ブレイクポイント検知ボタンは右下に配置しており、ユーザの目に止まらなかったことが原因であると考えられる。そのため、ボタンの配置を変更することで、ユーザによる検知ボタンの押し忘れ

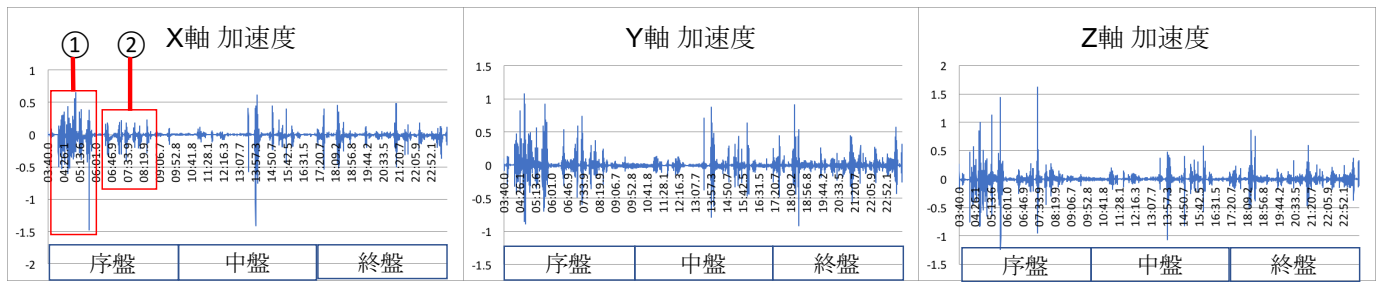


図 8 加速度センサデータ

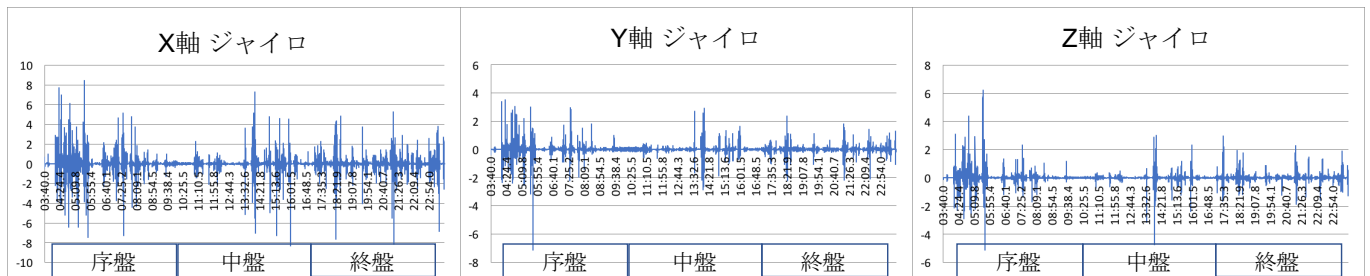


図 9 ジャイロセンサデータ

の問題を解決できると考えられる。

4.2 加速度・ジャイロセンサ

本節では、スマートフォンの作業画面の録画映像と加速度・ジャイロセンサデータの3つを用いて考察する。図8のX軸加速度に注目してみると、序盤に大きな値の振れが①、②の2箇所確認できる。この2箇所について、作業中の録画映像を用いて観察を行った。

①において、大きな値の振れが起こっているが、画面の録画映像を観察してみると、被験者は検索やスクロール操作などのスマートフォンを用いた行動を全く行っていない。また、同グループの他の被験者の画面映像を確認したところ、同様に検索やスクロール操作を行っていない。これらから、被験者間で何かしらの共同作業が行われ、それに伴ったジェスチャなどのインタラクションが発生していると考えられる。

一方、②において、録画映像を観察してみると、観光地がまとめられている比較的最長いページを素早くスクロールしている様子が確認された。このことから、Webページを閲覧している際のスクロール動作を加速度センサが取得していることが考えられる。

その他の被験者が用いた端末画面の録画映像と加速度・ジャイロセンサを照らし合わせながら観察を行った結果、上記の①、②の状態以外にも、録画映像からは推察することが困難な値の振れが存在している。上記のことから、加速度・ジャイロセンサの値が大きく振れている前後には、ブレイクポイントの存在が考えられるが、本実験では、被験者の作業風景の映像情報を取得していないため、確認することができない。そのため、作業風景の録画を加えた再

実験が必要である。再実験で得られた作業者の様子と、加速度・ジャイロセンサの値が大きく振れている時とを比較する必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、協調 Web 検索における情報共有による通知のタイミング制御のために、ブレイクポイントがどのように発生しているのかを調査した。調査実験の結果、主観的ブレイクポイントの観点から、協調 Web 検索では、通知を許可する状態と拒否する状態が入れ替わり、その間にブレイクポイントが存在していることが確認された。また、物理センサから取得したデータを分析するには、作業者の行動を撮影した映像データとつき合わせる必要があることが分かった。

今後は、物理センサから得られた値に対して移動分散を取るなどの分析を実施し、ブレイクポイントのタイミングを検知するための特異な特徴が見られるかを調査する。また、作業者の様子を俯瞰して録画を行う調査実験を実施する。これにより、ブレイクポイントの検知精度を高め、協調 Web 検索における情報共有タイミングの制御を実現していく。

参考文献

- [1] 総務省: 情報通信統計データベース, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html> (2015).
- [2] Morris, M. R.: A survey of collaborative web search practices, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1657–1660 (2008).
- [3] Adamczyk, P. D. and Bailey, B. P.: If not now, when?: the effects of interruption at different moments within task

execution, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, pp. 271–278 (2004).

- [4] 坂元章：連続行動の分割と表象，*実験社会心理学研究*，Vol. 30, No. 1, pp. 71–80 (1990).
- [5] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K. and Tokuda, H.: Attelia: Reducing user’s cognitive load due to interruptive notifications on smart phones, *2015 IEEE International Conference on, IEEE*, pp. 96–104 (2015).